



**“PRECIOS DE *COMMODITIES*, TÉRMINOS DE INTERCAMBIO Y
PRODUCTIVIDAD EN EL PERÚ: UN ENFOQUE DSGE”**

**Trabajo de Investigación presentado
para optar al Grado Académico de
Magíster en Economía**

Presentado por

Sr. Diego Danilo Ascarza Mendoza

Asesor: Profesor Diego Martin Winkelried Quesada

2017

Resumen ejecutivo

El presente trabajo busca responder a la interrogante respecto de si los choques en precios de *commodities* son capaces de explicar la relación que se observa en los datos entre términos de intercambio y productividad para el caso de la economía peruana, la cual se acentuó más en la época del *boom* de precios de *commodities*, en particular en el periodo comprendido entre el año 2001 y el 2015. Para responder la pregunta se construye un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE por sus siglas en inglés), basado en Kohn *et al.* (2015) y Desmet *et al.* (2008), en el cual se incorpora un sector *commodities* cuya inversión pasada genera aprendizaje tecnológico a futuro, incrementando la productividad total de los factores de la economía.

Asimismo, se incorpora un gobierno en la economía que recauda impuestos de la firma en el sector *commodities*, transfiriendo dicha recaudación a las familias, generando de este modo un vínculo entre los precios de *commodities* y la dinámica de la economía.

Los análisis de los resultados de las estadísticas predichas por el modelo indican que el mismo es capaz de explicar la relación observada entre los términos de intercambio y la productividad, entendida como la productividad total de los factores (PTF). En particular, mientras los datos indican una correlación de 0,21 entre ambas variables, el modelo predice que dicho valor es de 0,24.

Índice de contenidos

Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos	vi
Índice de anexos	vii
Capítulo I. Introducción	1
Capítulo II. Hechos estilizados.....	4
1. El precio de los metales y su relación con el PBI	4
2. Términos de intercambio, precios de metales y productividad.....	5
3. Inversión minera	7
4. Ingresos fiscales	8
Capítulo III. Revisión de literatura	10
1. Precios de <i>commodities</i> y crecimiento económico.....	10
2. Productividad en Perú	11
3. Inversión extranjera directa y productividad.....	12
4. Términos de intercambio y productividad	13
Capítulo IV. Metodología y modelo.....	15
1. Las familias	15
2. Las firmas en el sector de bienes finales	17
3. El sector <i>commodities</i>	17
4. El gobierno.....	19
Capítulo V. Calibración.....	23
1. Datos	23
2. Valores asignados a los parámetros	24

Capítulo VI. Análisis de resultados	26
1. Efectos de un choque de precios de <i>commodities</i>	26
2. Efectos de un choque de productividad en el sector de bienes finales.....	27
Capítulo VII. Extensiones para trabajos futuros	29
Conclusiones	30
Bibliografía	31
Anexos	35

Índice de tablas

Tabla 1.	Variables utilizadas para la calibración del modelo	24
Tabla 2.	Parámetros calibrados.....	25

Índice de gráficos

Gráfico 1.	Relación entre precio del cobre y crecimiento económico, Perú.....	4
Gráfico 2.	Relación entre términos de intercambio y cotizaciones de minerales	5
Gráfico 3.	Relación entre precios de minerales, términos de intercambio y PTF.....	6
Gráfico 4.	Participación del PBI minero metálico en el PBI total, Perú.....	7
Gráfico 5.	Peso de la inversión minera en el PBI peruano (%)	7
Gráfico 6.	Relación entre ingresos fiscales (millones de S/) y precios de metales.....	8
Gráfico 7.	Relación entre el impuesto a la renta a personas jurídicas (millones de S/) y los precios de metales.....	9
Gráfico 8.	Relación entre las regalías gasíferas, petroleras y mineras (millones de S/) y los precios de metales.....	9
Gráfico 9.	Respuesta a choque positivo de precios de <i>commodities</i> (I).....	26
Gráfico 10.	Respuesta a choque positivo de precios de <i>commodities</i> (II)	27
Gráfico 11.	Respuesta a choque positivo de productividad en sector de bienes finales (I).....	28
Gráfico 12.	Respuesta a choque positivo de productividad en sector de bienes finales (II)....	28

Índice de anexos

Anexo 1.	Condiciones de equilibrio del modelo	36
Anexo 2.	Abreviaturas de las variables en las funciones de impulso-respuesta	39

Capítulo I. Introducción

Durante la década pasada, se presenció un incremento importante de las cotizaciones internacionales de los principales metales producidos en Perú, tanto de aquellos considerados preciosos (oro y plata) como de aquellos que tienen más un uso industrial (cobre, plomo, zinc, etc). Este incremento en las cotizaciones coincidió con un crecimiento importante de la economía peruana con una tasa de crecimiento del producto bruto interno (PBI) de 6,1% en promedio para el periodo 2002-2012. Asimismo, esta coyuntura estuvo acompañada por bajos niveles en las tasas de interés internacionales, lo cual motivó la entrada de capitales en la economía incentivando el crédito, amplificando aún más la inversión durante dicho periodo. Desde el lado fiscal, un incremento en los precios de los minerales generó un crecimiento sustantivo en las ganancias de las empresas mineras en Perú, lo que se tradujo en una mayor recaudación fiscal a través de impuestos como el canon minero y las regalías mineras, generando mayor espacio fiscal para expandir el gasto público. Así, los ingresos tributarios del Gobierno peruano tuvieron un crecimiento promedio de 13,8% en el periodo 2002-2012, quitando el año 2009 por el impacto negativo de la crisis financiera internacional desatada en el 2008.

Un fenómeno que se observó en ese periodo fue la acentuación de la correlación positiva entre los términos de intercambio y la PTF. La literatura no ha sido ajena a este fenómeno que se ha observado en otras economías especialmente emergentes como México, Chile, Malasia, Portugal, entre otras. Así, Gopinath y Neiman (2012) analizan este fenómeno dentro de un modelo de equilibrio parcial en el cual las ineficiencias del mercado en competencia monopolística generan que la PTF en un país se vea afectada por choques en los términos de intercambio. Este mecanismo también es analizado en Llosa (2012) pero dentro de un modelo DSGE. Otra referencia importante es la de Kehoe y Ruhl (2008), quienes muestran que, en un modelo macroeconómico estándar, choques exógenos a los términos de intercambio no tienen efectos de primer orden sobre la PTF de un país. No obstante, este resultado se rompe cuando se introducen distorsiones en el modelo como la competencia monopolística, tal como se señala en Llosa (2012) cuando se introducen firmas en competencia monopolística que importan bienes intermedios. De forma más específica, Castillo y Rojas (2014) analizan la relación entre términos de intercambio y productividad para Chile, México y Perú a través de un modelo neokeynesiano para extraer la serie estimada de productividad y luego empleando un VAR estructural para inferir la relación de dicha variable con factores domésticos y externos.

De esta manera, el objetivo del presente documento de investigación es contribuir a la literatura que busca explicar por qué movimientos en los términos de intercambio tienen impacto sobre la PTF. Para ello, se construye un modelo DSGE con dos sectores basado en Kohn *et al.* (2015) y Desmet *et al.* (2008). El sector protagónico del modelo es el de *commodities*, donde existe una única empresa extranjera que busca maximizar el diferencial de su rendimiento de capital respecto de la tasa de interés internacional y cuya inversión pasada genera incrementos en la productividad en el futuro.

A diferencia de los estudios anteriores, en este documento el canal que conecta los términos de intercambio con la productividad no serán las ineficiencias en el mercado derivadas de su estructura, sino la inversión extranjera directa a través de su conexión con el aprendizaje tecnológico, de manera que los incrementos en los precios internacionales conducirán un incremento de la inversión extranjera directa que generará incrementos en la productividad en periodos posteriores.

Cabe señalar que diversos estudios han conectado a la inversión extranjera directa con el aprendizaje tecnológico, encontrándose periodos de tiempo significativos para hacerse efectiva dicha transferencia. Estudios como el de Kaldor (1957), Arrow (1962) y Romer (1986) documentan teóricamente la conexión entre las variables en mención. Por otro lado, Young (1991) señala que el aprendizaje tecnológico requiere de tiempo y experiencia, quien modela que los *spillovers* derivados de la inversión extranjera directa se materializan con un periodo de rezago.

Desde el lado empírico, puede destacarse, por ejemplo, el estudio realizado por Smarzynska (2004), en el cual se encuentra evidencia de *spillovers* positivos de productividad derivados de la inversión extranjera directa en un estudio a nivel de firmas. En cuanto al tiempo que toma la transferencia tecnológica, Mantsfield (1980) estudia las transferencias tecnológicas derivadas de multinacionales norteamericanas, encontrando que dichas transferencias toman en promedio cuatro años. Por su lado, Haskel *et al.* (2002) encuentran que las transferencias tecnológicas realizadas en el Reino Unido toman en promedio dos años. Otros estudios como el de Keller y Yeaple (2003) y Arnold y Javorcik (2005) hallan que dicho periodo es más corto.

Así, el presente documento busca responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Pueden los choques de precios de *commodities* explicar la relación positiva entre los términos de intercambio y la PTF en Perú? Para responder la pregunta se construye un modelo DSGE basado en Kohn *et al.* (2015) y Desmet *et al.* (2008), en el cual hay un sector de *commodities* y un sector de bienes

finales. Los resultados del modelo muestran que el mismo es capaz de explicar cuantitativamente el fenómeno observado. En el siguiente capítulo se detallan los hechos estilizados; en el capítulo III se ilustra la revisión de la literatura; en el capítulo IV se explica la metodología y el modelo empleado; en el capítulo V se expone el proceso de calibración del modelo; en el capítulo VI se muestra el análisis de los resultados y, finalmente, en el capítulo VII se proponen extensiones para trabajos futuros. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo II. Hechos estilizados

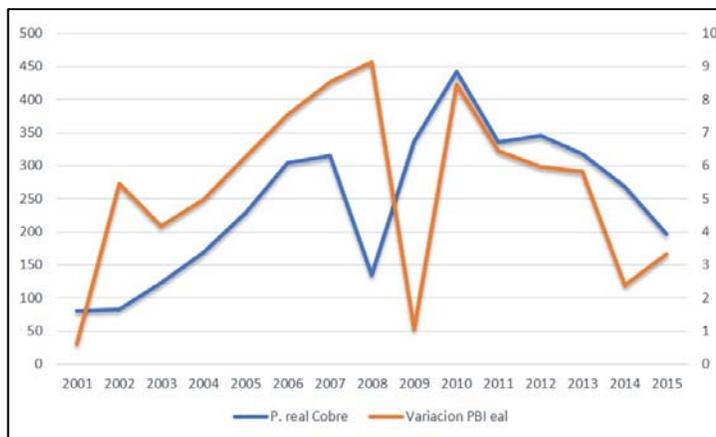
En esta sección se ilustran algunos hechos estilizados de la economía peruana, caracterizada por ser una economía pequeña, abierta, primario-exportadora (minera) y parcialmente dolarizada. Estos hechos estilizados motivan la pregunta de investigación planteada en este modelo y justifican la adopción del modelo que se ilustra en el capítulo III.

1. El precio de los metales y su relación con el PBI

Durante muchas décadas la minería metálica ha constituido un componente importante dentro de dicha economía representando aproximadamente el 50,3% de las exportaciones totales y donde este último componente constituye más del 20% del PBI.

La relevancia de las exportaciones de minerales se vio aún más marcada a partir del 2002 hasta el 2012, dado que los precios de los minerales se incrementaron significativamente (247% en ese periodo) provocando que el sector minero constituya el 11% del PBI en promedio. Por otro lado, se observa que existe una fuerte correlación entre los precios internacionales de *commodities* y la variación anual del PIB, como se ilustra el siguiente gráfico.

Gráfico 1. Relación entre precio del cobre y crecimiento económico, Perú



Fuente: Fondo Monetario Internacional (FMI) y Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Elaboración propia 2017

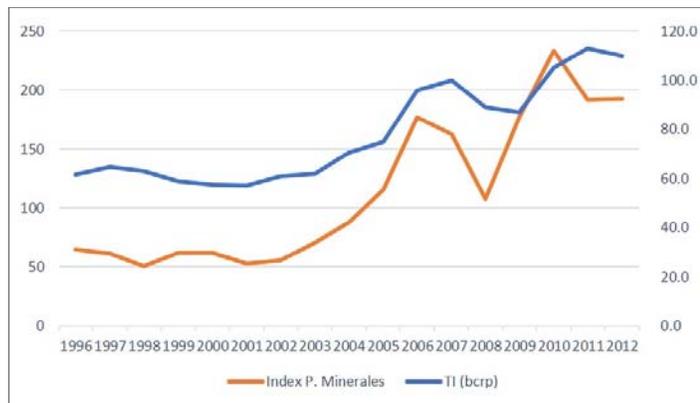
El gráfico 1 muestra indicios de que hay cierta relación entre los ciclos de los precios de minerales y los ciclos de la economía peruana. En particular, Adler y Sosa (2011) indican que América

Latina se benefició enormemente de los incrementos en los precios de materias primas de la última década. Asimismo, es claro que la economía peruana responde negativamente a caídas en los precios de los minerales. De este modo, la desaceleración observada a partir del año 2012 puede ser explicada por los descensos en las cotizaciones internacionales de los minerales producidos en Perú.

2. Términos de intercambio, precios de metales y productividad

Los términos de intercambio entendidos como la ratio de los precios de exportaciones sobre precios de importaciones responden positivamente a incrementos en los precios de las exportaciones por su propia definición. De este modo, dada la relevancia de la minería en las exportaciones, los términos de intercambio¹ se ven fuertemente afectados por las cotizaciones internacionales de dichos minerales (correlación de 0,8 desde 1987 hasta 2012), tal como lo muestra el siguiente gráfico.

Gráfico 2. Relación entre términos de intercambio y cotizaciones de minerales



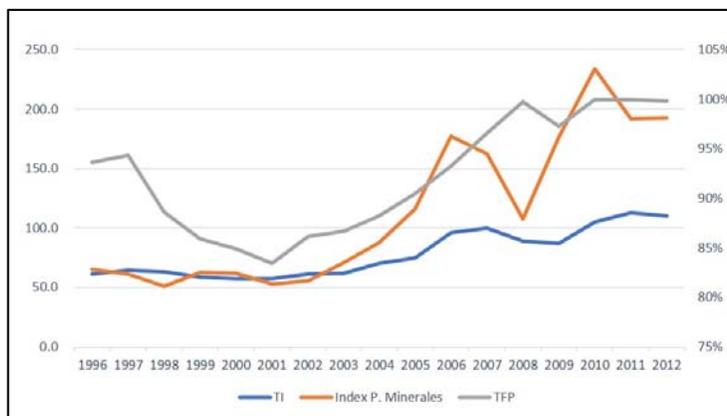
Fuente: FMI y BCRP. Elaboración propia 2017

Debido a la fuerte correlación observada entre los precios internacionales y la PTF, en este trabajo se emplea los precios internacionales de los minerales dentro del modelo ilustrado en el capítulo III como proxy a los términos de intercambio para analizar su relación con la PTF.

¹ Los términos de intercambio en el presente trabajo se entenderán como la ratio de exportaciones sobre importaciones.

El siguiente gráfico ilustra la fuerte relación entre las cotizaciones internacionales de los minerales, los términos de intercambio y la PTF. La hipótesis en este documento de investigación para explicar dicho fenómeno es que incrementos en el precio de *commodities*, traducidos en incrementos en los términos de intercambio, incentivan la entrada de capitales en la forma de inversión extranjera directa, y dicha inversión genera aprendizaje/adopción tecnológica que incrementa la productividad en periodos posteriores. En ese sentido, este estudio es congruente con lo planteado por Kaldor (1957), Arrow (1962) y Romer (1986).

Gráfico 3. Relación entre precios de minerales, términos de intercambio y PTF



Fuente: FMI, World Penn Table y BCRP. Elaboración propia 2017

Cabe señalar que la relación entre los términos de intercambio (T.I) y productividad (PTF) se acentúa más dependiendo del periodo que se analiza. Así, se puede observar que cuanto más próximo se está al periodo de *boom* de precios de metales, mayor es la correlación observada. Por ejemplo, la correlación entre T.I y PTF en el periodo 1980-2012 es de 0,25, mientras que la correlación entre las mismas variables es de 0,52 para el periodo 1996-2012 y de 0,61 para el periodo 2002-2012. Estas correlaciones son bastante similares si se toma como proxy de los T.I a los índices de precios internacionales de metales.

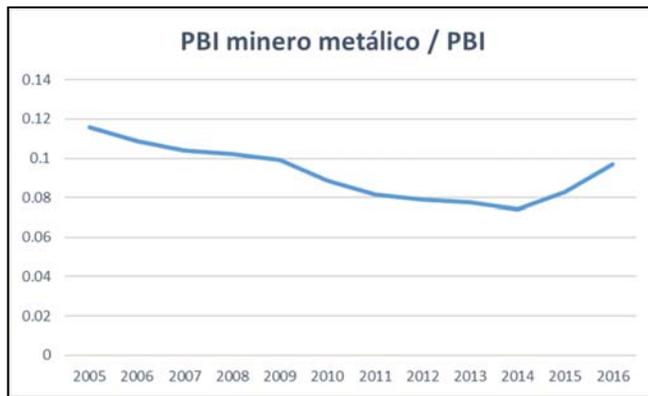
Para el presente trabajo de investigación, se analizará la correlación observada entre precios de metales y PTF extrayéndose el componente cíclico² de ambas series donde se obtiene que la correlación en mención es de 0,21 para el periodo 1970-2014.

² Se aplicó el filtro de Hodrick y Prescott para la extracción de los componentes cíclicos de las series analizadas en este trabajo.

3. Inversión minera

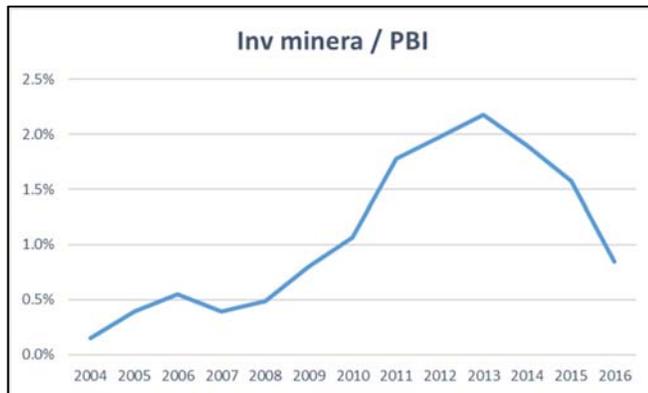
La inversión minera es un sector intensivo en capital (en la modelación de este sector, se asumirá que solo se emplea capital) que requiere de una inversión importante para poder explotar los recursos involucrados. Asimismo, debido a que la curva de oferta de los bienes primarios suele ser inelástica, la inversión minera responde principalmente a incrementos en precios internacionales, por ello cuando se observan cambios en la demanda internacional la respuesta del mercado se suele ver reflejada en los precios. Los siguientes gráficos ilustran la evolución de la participación de la minería en el PBI peruano.

Gráfico 4. Participación del PBI minero metálico en el PBI total, Perú



Fuente: BCRP. Elaboración propia 2017

Gráfico 5. Peso de la inversión minera en el PBI peruano (%)



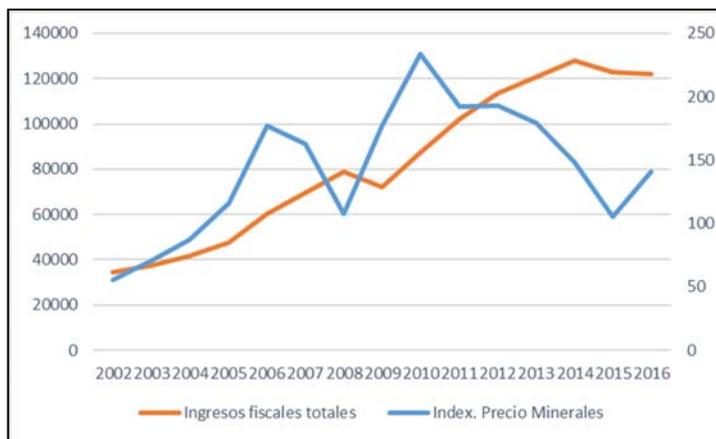
Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú (Minem). Elaboración propia 2017

Las características de la inversión en minería son bien descritas, por ejemplo, en Harchaoui y Laserre (1995), quienes señalan que este tipo de inversión es un buen ejemplo de inversión irreversible en condiciones de incertidumbre. Esto estaría explicado, desde la teoría de Pindyck (1993), por los costos fijos que no pueden ser recuperados. Por otro lado, la incertidumbre en este tipo de inversiones viene por el lado de los precios y por el tiempo de ejecución de los proyectos que pueden depender, por ejemplo, de los costos de transacción en cada país.

4. Ingresos fiscales

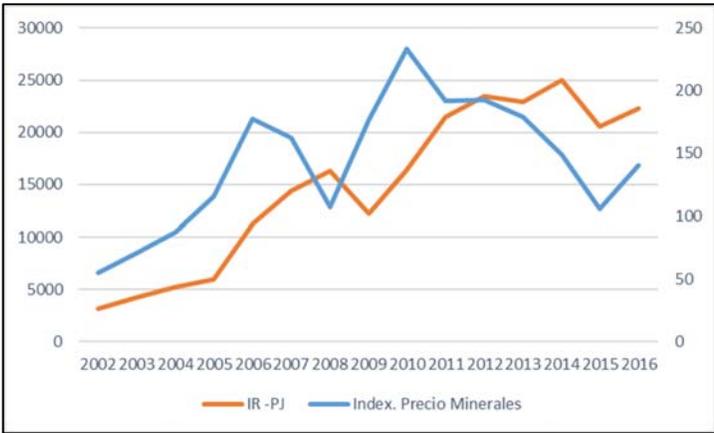
El sector minero en el Perú no solo dinamiza la economía a través de los agentes privados, sino también a través del gobierno por el mayor espacio fiscal que genera a través de la recaudación de impuestos a la renta, el canon y regalías mineras. En el caso particular de la economía peruana, la condición deficitaria o superavitaria del gobierno puede depender en fuerte medida de los precios internacionales por ser un determinante de la rentabilidad de las empresas mineras, más aún cuando este sector es de alta relevancia en la economía. Así, los siguientes gráficos muestran que los ingresos fiscales se mueven en conjunto con los precios de los metales.

Gráfico 6. Relación entre ingresos fiscales (millones de S/) y precios de metales



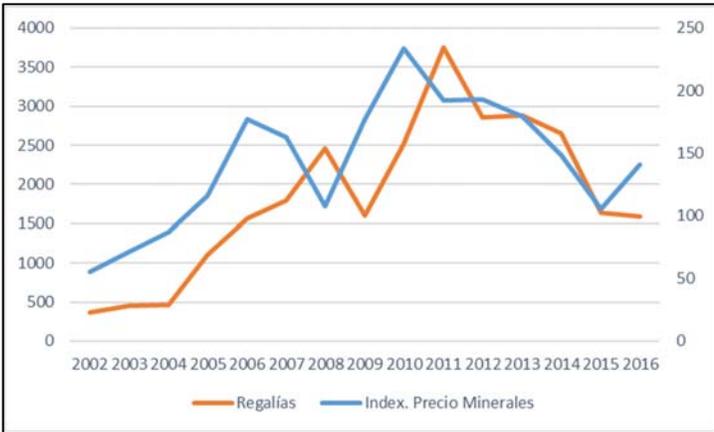
Fuente: BCRP y FMI. Elaboración propia 2017

Gráfico 7. Relación entre el impuesto a la renta a personas jurídicas (millones de S/) y los precios de metales



Fuente: BCRP y FMI. Elaboración propia 2017

Gráfico 8. Relación entre las regalías gasíferas, petroleras y mineras (millones de S/) y los precios de metales



Fuente: BCRP y FMI. Elaboración propia 2017

Capítulo III. Revisión de literatura

1. Precios de *commodities* y crecimiento económico

La relación entre precios de *commodities*, abundancia de materias primas y crecimiento económico ha sido ampliamente explorada dentro de la literatura. Una primera aproximación es planteada por Schumpeter (1939). Desde su teoría, los precios de materias primas están estrechamente relacionados a fases de prosperidad y de estancamiento generando ciclos. Cuando se está en una fase de auge y prosperidad, la competencia por bienes productivos como los metales tiende a incrementarse de forma relativa a bienes asociados a innovación.

Desde el lado empírico, la llamada “maldición de los recursos naturales” ha sido un resultado que muestra una relación negativa entre la abundancia de recursos naturales y el desarrollo económico de un país (Torres *et al.* 2013). Dentro del debate académico sobre este fenómeno puede destacarse el estudio realizado por Sachs y Warner (1995), quienes comparan el crecimiento de un grupo de países agrupándolos por la participación de sus exportaciones extractivas respecto al PBI en el periodo 1971-1989. Nótese que este periodo captura los choques de petróleo y las crisis de deuda que afectaron a varios países de América Latina; Perú es un país que no fue ajeno a los efectos contractivos que tuvieron estos fenómenos.

Otro enfoque revisado en la literatura es el asociado a la llamada “enfermedad holandesa”. Dentro de este enfoque, choques exógenos positivos hacia sectores extractivos generan cambios en la estructura productiva de la economía. En particular, de acuerdo con esta tesis, estos choques tendrán efectos contractivos sobre sectores como la manufactura. No obstante, se ha podido observar, en el auge de los precios de metales de la década pesada, la ausencia de una “enfermedad holandesa”, pues sectores como el de manufactura y construcción se expandieron notablemente durante este periodo. En particular, el sector no primario en Perú tuvo un crecimiento promedio de 7,8% durante el periodo 2005-2012 y su peso en el PBI subió de 72% a 78% durante el mismo periodo.

Estudios más recientes como el de Raddatz (2007) han buscado cuantificar el impacto de los choques externos sobre el PBI per cápita para países en vías de desarrollo y se encontró que dichos choques tienen un impacto significativo sobre la economía. En particular, el estudio en mención señala que un choque positivo de una desviación estándar en los precios de los minerales genera un incremento de 1% en el PBI per cápita para países de bajos ingresos. Otros estudios más

comparativos como el de Kohn *et al.* (2015) cuantifican el impacto de choques en precios de *commodities* sobre los ciclos económicos, encontrando que aquellos países con menor participación de sectores extractivos en su economía son menos afectados por dichos choques. Así, por ejemplo, Molakhovskaya y Minabutdinov (2013) señalan que los choques en precios de *commodities* tienen impacto sobre los ciclos económicos en Rusia, pero la economía fluctúa más por factores domésticos. Desde el lado de los modelos semiestructurales, Nolzco *et al.* (2016) refieren que los choques externos tienen un impacto diferente sobre el crecimiento económico en Perú dependiendo del periodo analizado. Así, para el periodo 2005-2008 y 2008-2013, encuentran que dichos choques explican el 36% y el 28% del crecimiento observado, respectivamente.

2. Productividad en Perú

La literatura del crecimiento económico ha mostrado que las diferencias en ingresos entre países vienen explicadas, principalmente, por diferencias en productividad (entendida como PTF). Dentro de esta literatura, puede destacarse como trabajo seminal al de Solow (1956), quien formaliza por primera vez un modelo de crecimiento económico y a partir de dicho trabajo se realizan los primeros ejercicios de contabilidad de crecimiento, destacándose el hallazgo del llamado “residuo de Solow”, que indicaría que las diferencias en el crecimiento del PBI per cápita se explica por factores que no tienen que ver con la acumulación de capital o la cantidad de trabajo.

No obstante, la literatura económica ha buscado documentar los determinantes de otras medidas de productividad como la productividad laboral. Pueden destacarse, por ejemplo, los trabajos seminales de Ben-Porath (1967) y Mincer (1958), quienes inicialmente buscan cuantificar los retornos de la educación sobre el ingreso. En cuanto al caso peruano, puede mencionarse el trabajo realizado por Díaz *et al.* (2013), quienes realizan el primer ejercicio para estimar los retornos de las habilidades cognitivas y socioemocionales para la población urbana en edad de trabajar en Perú, encontrando que trabajadores con habilidad cognitiva antes perciben en promedio un 9% más de ingresos por hora de trabajo, controlando por variaciones exógenas de niveles de escolaridad. Asimismo, dichos autores encuentran que por cada año de escolaridad, en presencia de habilidades, se espera que los mismos trabajadores reciban un 15% de ingresos adicionales por hora de trabajo. Otro estudio realizado para Perú es el de Paz y Urrutia (2015), quienes muestran que si bien la composición de la fuerza laboral mejoró en términos de capital humano en el periodo de alto crecimiento (1998-2012), los salarios permanecieron estancados en dicho periodo, lo cual se explicaría por una reducción de los rendimientos a la educación.

Asimismo, diversos estudios más específicos han documentado la productividad de la economía a nivel de sectores. En particular, algunos de ellos han señalado que diferencias significativas en productividad a lo largo de los sectores en la economía pueden ser señal de *misallocation* de recursos en la economía, la cual impacta de forma negativa la productividad total de los factores y, por lo tanto, reduce el crecimiento de largo plazo. Dentro de este enfoque se encuentra, por ejemplo, el trabajo realizado por Hsieth y Klenow (2014), quienes usando microdatos a nivel de firmas cuantifican el efecto que la *misallocation* puede tener para explicar las diferencias en PTF de China e India en relación con Estados Unidos. De esta manera, los autores en mención encuentran que, si China e India reasignaran su capital y trabajo igualando los productos marginales con los pagos de los factores, se obtendrían ganancias en términos de PTF de 30-50% y 40-60%, respectivamente. Otro estudio dentro de este espíritu es el realizado por Jones (2011), quien rescata la idea de que enlaces entre las empresas a nivel de cadenas productivas, complementariedad entre factores y la presencia de bienes intermedios tienen impacto directo en la PTF, generando un efecto multiplicador similar al del capital en el modelo de crecimiento neoclásico que puede ayudar a explicar las diferencias en ingresos per cápita entre países. En el caso de Perú, puede destacarse el trabajo realizado por Céspedes *et al.* (2013), quienes encuentran que el sector minería está dentro de los 3 sectores más productivos de la economía peruana y cuya participación de capital representa el 93% de sus ingresos aproximadamente. Esto sugiere que los incrementos en precios internacionales equivalen a incrementos en los términos de intercambio, lo cual ocasiona un crecimiento en la inversión dentro de este sector y, de este modo, la economía en promedio se vuelve más productiva.

3. Inversión extranjera directa y productividad

La literatura macroeconómica ha buscado también estudiar la relación entre dichas variables, usualmente bajo la hipótesis de que la inversión extranjera directa puede generar transferencia tecnológica y, de esta manera, incrementos en productividad. Dentro de estos estudios pueden destacarse, por ejemplo, los estudios seminales realizados por Kaldor (1957), Arrow (1962) y Romer (1986), los cuales documentan a nivel teórico la conexión entre inversión extranjera directa y productividad a través de aprendizaje tecnológico dentro de la literatura del crecimiento económico. En particular, dichos autores señalan que los incrementos en la inversión extranjera directa tienen efectos futuros en la adopción de nuevas tecnologías, incrementándose de este modo la productividad agregada de la economía y, por lo tanto, el crecimiento de largo plazo (*spillovers* de la inversión extranjera directa).

Por otro lado, estudios de carácter más empírico han buscado cuantificar la magnitud de la relación entre la inversión extranjera directa y la productividad. En particular, dichos estudios estimaron el tiempo de realización de las transferencias tecnológicas para distintas economías. Dentro de estos estudios se encuentra, por ejemplo, el realizado por Mantsfield (1980), que estima el tiempo de ejecución de las transferencias tecnológicas provenientes de transnacionales americanas, encontrando que dicho tiempo es cuatro años. Por su lado, Haskel *et al.* (2002) estiman que las transferencias tecnológicas en el Reino Unido toman en promedio dos años. Otros estudios como el de Keller y Yepler (2003) y Arnold y Javorcik (2005) encuentran que dicho periodo es más corto. Por lo tanto, el tiempo de ejecución de las transferencias tecnológicas varían dependiendo de la economía receptora de la transferencia y del origen de la inversión extranjera directa. No obstante, es claro que resulta plausible que la transferencia tecnológica pueda modelarse con un rezago que capture dicho plazo de ejecución de la transferencia tecnológica.

Dentro de los estudios aplicados a economías emergentes como el Perú, se encuentra el trabajo realizado por Amann y Virmani (2014), quienes cuantifican el efecto *feedback* de la inversión extranjera directa sobre la PTF para 18 economías emergentes, encontrando que efectivamente la inversión extranjera directa fortalece el crecimiento de la productividad y que dicho efecto es mayor cuando un país intensivo en investigación y desarrollo invierte sobre una economía emergente.

4. Términos de intercambio y productividad

La relación entre los términos de intercambio y productividad ha sido analizada bajo distintos enfoques. Uno de ellos es el realizado por Kehoe y Ruhl (2008), quienes documentan que los modelos neoclásicos estándar no pueden documentar la relación entre términos de intercambio y productividad, entendiéndose intuitivamente a los incrementos de términos de intercambio como choques de productividad. En particular, los autores dan cuenta de que a menos que se generen artificios en la forma de deflactar el PBI, los choques en los términos de intercambio no pueden tener efectos de primer orden sobre el producto y la productividad. En ese sentido, sugieren que la literatura debe desarrollar modelos diferentes que documenten, de forma estructural, la relación entre los términos de intercambio y la productividad. Dentro de los trabajos que buscan modelar de forma estructural la relación entre ambas variables, se encuentra el trabajo realizado por Llosa (2012), en el cual la relación entre términos de intercambio y productividad es consecuencia de los *mark-ups* obtenidos por la competencia monopolística que caracteriza su modelo, es decir, a partir de una falla de mercado. Dicho trabajo analiza diversos tipos de economías, encontrando

además que la relación entre las variables en cuestión varía dependiendo del tipo de economía estudiada y del horizonte analizado, destacándose que para el caso de Perú la relación es evidentemente positiva y su magnitud es más alta cuando se analizan periodos más pequeños y recientes. Otro estudio que ha buscado documentar la relación entre PTF y términos de intercambio, aplicado para Perú, Chile y México, es el realizado por Castillo y Rojas (2014). En dicho estudio se analiza la relación entre ambas en dos etapas. En una primera etapa se emplea un modelo nekeynesiano para una economía pequeña y abierta, del cual obtienen la serie de PTF, empleando el filtro de Kalman. Finalmente, en la segunda etapa, los autores utilizan la serie estimada de la PTF para ver su relación con las variables domésticas y externas a través de un VAR estructural, basado en Blanchard y Quah (1989), encontrando que los términos de intercambio no solo tienen impacto en el corto plazo sobre la PTF, sino también de largo plazo.

La hipótesis principal del presente trabajo es que la relación entre TFP y términos de intercambio está dada por los *spillovers* de adopción tecnológica que genera la inversión extranjera directa en sectores primarios como la minería. Esta adopción radica en el hecho de que son compañías multinacionales intensivas en capital las que invierten en el sector minero empleando tecnología no producida en Perú y, por lo tanto, ante incrementos en precios internacionales se incrementa dicha inversión y se adopta dicha tecnología durante el proceso de maduración de los proyectos involucrados. Este efecto positivo de los precios de *commodities* sobre productividad vendría respaldado también por la alta productividad relativa de la minería en relación con otros sectores de la economía.

Capítulo IV. Metodología y modelo

En el presente trabajo se construye un DSGE, en el cual existe un sector de bienes finales que contrata trabajo y capital de las familias. El bien producido en el sector de bienes finales no es transable y está sujeto a un choque estocástico de productividad. Por otro lado, hay un sector de *commodities* caracterizado por un monopolio que solo emplea capital proveniente del extranjero, cuya producción es netamente exportable. Las familias son dueñas de las firmas de las empresas del bien final y reciben transferencias por parte del gobierno en cada periodo. A continuación, se detalla dicho modelo.

1. Las familias

Las familias en este modelo maximizan su utilidad, que depende del consumo y el ocio. Asimismo, ofrecen trabajo y capital al sector de bienes finales y son dueñas de las firmas en dicho sector. Adicionalmente, las familias pueden endeudarse a una tasa de interés sujeta a una prima de riesgo y su inversión está sujeta a costos de ajuste de capital. Estos dos últimos hechos tratan de recoger hechos estilizados de economías emergentes. La modelación de las familias está basada en Kohn *et al.* (2015). En particular, las familias resuelven el siguiente problema de maximización:

$$\text{Max } E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{[C_t^\theta (1 - N_t)^{1-\theta}]^{(1-\eta)}}{1 - \eta} \right]$$

s. a

$$C_t + I_t + q_t B_{t+1} = W_t N_t + r_t K_t + B_t + Tr_t,$$

$$K_t \geq 0$$

El parámetro θ recoge la participación del consumo dentro de la canasta consumo-ocio, mientras que el parámetro η es el coeficiente de aversión relativa al riesgo. C_t denota el consumo de las familias en cada periodo, mientras que I_t es la inversión realizada por el hogar en el periodo t . Por su lado, $N_t \in [0,1]$ denota la proporción del tiempo que cada consumidor asigna al trabajo; es decir, se asume que cada hogar dispone de una unidad de tiempo que se reparte entre ocio y trabajo. Por otro lado, W_t denota el salario percibido por el consumidor por cada hora de trabajo

y r_t denota el pago por unidad de capital. Finalmente, K_t denota el *stock* de capital que posee el hogar en cada periodo y Tr_t denota las transferencias que se reciben por parte del gobierno. Asimismo, q_t denota el precio de los bonos en el periodo t , mientras que B_{t+1} es la cantidad de bonos que el hogar compra en el mismo periodo.

Cabe indicar que la aparición de estos bonos dentro del modelo implica que las familias tienen acceso a mercados financieros internacionales, donde compran bonos no-contingentes que prometen una unidad de bien final en el siguiente periodo. De este modo, q_t es el precio determinado internacionalmente para dichos instrumentos, medido en unidades de bien final. Para asegurar la estacionariedad de la tenencia de bonos, se asume que el precio de los bonos es sensible al nivel de deuda total como en Schmitt-Grohé y Uribe (2003). Específicamente, se asume que este precio satisface la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{q_t} = 1 + r^* + \varphi[\exp(-(\bar{B}_{t+1} - b)) - 1]$$

\bar{B}_{t+1} es el nivel de endeudamiento promedio en el mundo (se asumirá que corresponde al endeudamiento de la economía analizada) y b es el nivel de deuda en el estado estacionario. Asimismo, r^* denota la tasa de interés real internacional y el parámetro φ mide la elasticidad de la tasa de interés a cambios en los niveles de deuda. Dado que se asume que las familias son idénticas, entonces $\bar{B}_{t+1} = B_{t+1}$. Asimismo, se asume que $\beta = \frac{1}{1+r^*}$ para garantizar la existencia de un estado estacionario.

El capital sigue la siguiente ley de movimiento:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t - \frac{\phi}{2} \left(\frac{K_{t+1}}{K_t} - 1 \right)^2 K_t$$

Se observa dentro de la ecuación que determina el precio de los bonos, que existe una prima de riesgo que acompaña a la tasa de interés internacional. Este hecho es añadido, debido a que los datos muestran que las economías emergentes siempre pagan una prima de riesgo por su deuda. En el caso de la ley de movimiento del capital, se añaden costos de ajuste que también recogen hechos estilizados para economías emergentes. La prima de riesgo y los costos de ajuste de capital son destacados, por ejemplo, en Schmitt-Grohé y Uribe (2003). El parámetro δ recoge la tasa de depreciación del capital, mientras que ϕ mide la magnitud de los costos de ajuste de capital.

2. Las firmas en el sector de bienes finales

Las empresas en este sector operan en competencia perfecta empleando trabajo y capital. La productividad de estas firmas está sujeta a un choque estocástico. Así, las empresas resuelven el siguiente problema de maximización de beneficios:

$$\text{Max } Z_t K_t^\theta N_t^{1-\theta} - r_t K_t - W_t N_t$$

Nótese que se asume que la función de producción que enfrenta la firma es Cobb Douglas. De este problema, se obtienen las demandas de factores de producción, dadas por lo siguiente:

$$r_t = \theta Z_t \left(\frac{N_t}{K_t}\right)^{1-\theta}$$
$$W_t = (1 - \theta) Z_t \left(\frac{K_t}{N_t}\right)^{1-\theta}$$

Además, la productividad sigue la siguiente ley de movimiento, la cual recoge el choque de productividad dentro del sector de bienes finales:

$$\log(Z_t) = (1 - \rho) \log(\bar{Z}) + \rho \log(Z_{t-1}) + \epsilon_t$$

Z_t denota la productividad total de los factores en el sector de bienes finales. Asimismo, \bar{Z} denota el valor de estado estacionario de Z_t . El parámetro ρ recoge la persistencia de la ley de movimiento en la versión log-linearizada. Asimismo, $\epsilon_t \sim i. i. d (0, \sigma_z^2)$.

3. El sector *commodities*

El sector *commodities* es modelado como un monopolio operado por una firma extranjera, que es dueña de su propio capital y que invierte maximizando el *spread* del rendimiento de su capital respecto a la tasa de interés internacional. Esta empresa es intensiva en capital y no emplea trabajo (el capital no se deprecia). Asimismo, la producción es netamente exportable. Esta modelación está basada en Desmet *et al.* (2008). De este modo, la función de producción de esta firma es la siguiente:

$$F(K_{ct}) = Y_{ct} = A_t K_{ct}^\alpha$$

A_t denota la productividad total de los factores en este sector, mientras que K_{ct} denota el capital empleado en este sector para la producción. Nótese que se asume una función de producción Cobb-Douglas y el parámetro α denota la participación de los ingresos de capital en los ingresos totales. La productividad de este sector sigue la siguiente ley de movimiento:

$$A_{t+1} = \rho_a A_t + \gamma(2 - \exp(-\lambda(K_{ct} - K_{ct-1})))$$

Esta especificación está basada en Desmet *et al.* (2008). En particular, esta ley de movimiento asume implícitamente que el capital en este sector no se deprecia y que, por lo tanto, $K_{ct} - K_{ct-1}$ puede ser interpretada como la inversión extranjera directa realizada en el periodo t . Asimismo, nótese que bajo esta formulación, cuando el capital llega a su estado estacionario, la productividad en este sector actúa como un proceso autorregresivo de primer orden que converge a la media $\frac{\gamma}{1-\rho_a}$. Por lo tanto, γ actúa como un parámetro de estado estacionario en este modelo. Por su lado, λ es un parámetro que controla la velocidad a la cual la inversión extranjera directa se traduce en aprendizaje tecnológico en el periodo siguiente. Finalmente, ρ_a es un parámetro de persistencia dentro de esta ecuación³.

Nótese que la intuición básica de esta ley de movimiento es la siguiente: La inversión realizada hoy genera mayor productividad mañana (*time to build* para el aprendizaje tecnológico).

En cuanto a los precios internacionales, estos son denotados por pc_t y siguen la siguiente ley de movimiento:

$$\log(pc_t) = (1 - \psi) \log(\bar{pc}) + \psi \log(pc_{t-1}) + \epsilon_t$$

\bar{pc} denota el valor de estado estacionario de los precios. Asimismo, ψ representa la persistencia de la ley de movimiento de los precios de *commodities* en su versión log-linealizada. De este modo, la empresa del sector *commodities* resuelve el siguiente problema de optimización:

$$\text{Max } E_0 \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} \{(1 - \tau)[(pc_t \alpha A_t K_{ct}^{\alpha-1} - r^*)(K_{ct} - K_{c0})]\}$$

s. a

³ La especificación original de Desmet *et al.* (2008) toma que $A_{t+1} = \rho_a A_t + \gamma(1 - \exp(-\lambda(K_{ct} - K_{ct-1})))$ con $\rho_a = 1$, de manera que el cálculo del estado estacionario no es inmediato, dado que este se calcula con otras ecuaciones del modelo presentado en dicho documento. En este trabajo, se modifica dicha especificación calibrando ρ_a y asegurando que el valor de estado estacionario de A_t se obtenga a partir de su propia ley de movimiento.

$$A_{t+1} = \rho_a A_t + \gamma(2 - \exp(-\lambda(K_{ct} - K_{ct-1})))$$

Al resolver el problema de esta firma, se obtiene la siguiente demanda de capital:

$$\begin{aligned} & \alpha(\alpha - 1)p_{ct}A_tK_{ct}^{\alpha-2}(K_{ct} - K_{c0}) \\ & + p_{ct}\alpha\gamma\lambda\left(\frac{e^{-\lambda(k_{ct+1}-k_{ct})}}{\rho_a^2} - \frac{e^{-\lambda(k_{ct}-k_{ct-1})}}{\rho_a}\right)K_{ct}^{\alpha-1}(K_{ct} - K_{c0}) \\ & + \beta\left(p_{ct+1}\alpha\gamma\lambda\frac{e^{-\lambda(K_{ct+1}-K_{ct})}}{\rho_a}K_{ct+1}^{\alpha-1}\right)(K_{ct+1} - K_0) + p_{ct}\alpha A_tK_{ct}^{\alpha-1} = r^* \end{aligned}$$

4. El gobierno

En este modelo, el gobierno recauda impuestos de la empresa en el sector de *commodities* y los transfiere a las familias. En particular, se asumirá que el gobierno recauda el 30% de la renta percibida por las empresas en cada periodo, de acuerdo con lo que establece el impuesto a la renta para este tipo de empresas en la legislación peruana. Intuitivamente, cuando haya un incremento en los precios de *commodities*, la empresa del sector *commodities* se verá motivada a invertir y percibirá mayores beneficios por el mayor *spread* que recibe por unidad invertida. De este modo, el gobierno recaudará mayores impuestos y las familias se verán beneficiadas de esta recaudación a través de las transferencias. Así, cuando existe un choque positivo de precios de *commodities*, la economía en su conjunto se ve dinamizada.

$$Tr_t = \tau[(p_{ct}\alpha A_t K_{ct}^{\alpha-1} - r^*)(K_{ct} - K_{ct-1})]$$

Por lo tanto, el modelo tiene como variables endógenas al consumo, la inversión, el trabajo, los salarios, el pago al capital en el sector de bienes finales, el capital de ambos sectores, el precio de los bonos, el nivel de endeudamiento de las familias, la producción de ambos sectores, las transferencias del gobierno a las familias y la productividad del sector *commodities*. Asimismo, se tiene como variables exógenas a los precios de *commodities* y la productividad en el sector de bienes finales. Así, se tiene un sistema con 13 ecuaciones endógenas y 2 variables exógenas. Por lo tanto, el modelo queda caracterizado por las siguientes ecuaciones⁴:

⁴ En el anexo 1 se muestra una solución más detallada de cómo se obtienen las ecuaciones que caracterizan el equilibrio en el modelo.

(1) Ecuación de ocio-consumo

$$\frac{1 - \theta}{\theta} \frac{C_t}{1 - N_t} = W_t$$

(2) Ecuación de Euler

$$1 = E_t \left[\beta \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{\alpha(1-\eta)-1} \left(\frac{1 - N_{t+1}}{1 - N_t} \right)^{(1-\alpha)(1-\eta)} r_{t+1} \right]$$

Esto se puede expresar como:

$$1 = E_t [m_{t+1} r_{t+1}]$$

(3) Ecuación del precio del bono

$$q_t = E_t [m_{t+1}]$$

(4) Función de producción del sector de bienes finales

$$Y_t = Z_t^\theta N_t^{1-\theta}$$

(5) Ecuación de salarios

$$W_t = (1 - \theta) Z_t \left(\frac{K_t}{N_t} \right)^\theta$$

(6) Ley de movimiento de capital

$$K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I_t - \frac{\phi}{2} \left(\frac{K_{t+1}}{K_t} - 1 \right)^2 K_t$$

(7) Ecuación de factibilidad

$$Y_t = C_t + I_t$$

(8) Restricción presupuestaria

$$C_t + I_t + q_t B_{t+1} = W_t N_t + r_t K_t + B_t$$

(9) Ecuación de prima de riesgo de la deuda

$$\frac{1}{q_t} = 1 + r^* + \varphi[\exp(-(\bar{B}_{t+1} - b)) - 1]$$

(10) Ley de movimiento de la productividad en el sector de bienes finales

$$\log(Z_t) = (1 - \rho) \log(\bar{Z}) + \rho \log(Z_{t-1}) + \epsilon_t$$

(11) Función de producción en el sector *commodities*

$$(K_{ct}) = Y_{ct} = A_t K_{ct}^\alpha$$

(12) Ley de movimiento de los precios de *commodities*

$$\log(p_{ct}) = (1 - \psi) \log(\bar{p}c) + \psi \log(p_{ct-1}) + \epsilon_t$$

(13) Ley de movimiento de la productividad en el sector *commodities*

$$A_{t+1} - \rho_a A_t = \gamma(2 - \exp(-\lambda(K_{ct} - K_{ct-1})))$$

(14) Demanda de capital en el sector *commodities*

$$\begin{aligned} & \alpha(\alpha - 1)p_{ct} A_t K_{ct}^{\alpha-2} (K_{ct} - K_{c0}) \\ & + p_{ct} \alpha \gamma \lambda \left(\frac{e^{-\lambda(k_{ct+1} - k_{ct})}}{\rho_a^2} - \frac{e^{-\lambda(k_{ct} - k_{ct-1})}}{\rho_a} \right) K_{ct}^{\alpha-1} (K_{ct} - K_{c0}) \\ & + \beta \left(p_{ct+1} \alpha \gamma \lambda \frac{e^{-\lambda(K_{ct+1} - K_{ct})}}{\rho_a} K_{ct+1}^{\alpha-1} \right) (K_{ct+1} - K_0) + p_{ct} \alpha A_t K_{ct}^{\alpha-1} = r^* \end{aligned}$$

(15) Restricción presupuestaria del gobierno

$$Tr_t = \tau[(p_{c_t} \alpha A_t K_{ct}^{\alpha-1} - r^*)(K_{ct} - K_{ct-1})]$$

Con las siguientes ecuaciones, se realiza un choque sobre el precio de los *commodities* y sobre la productividad del sector de bienes finales. Este primer choque incrementa la inversión extranjera directa y en el futuro la productividad del sector *commodities* y, por lo tanto, el de la economía en su conjunto. También se realiza un choque sobre la productividad en el sector de bienes finales. Cabe señalar que dicho choque será transversal al choque de precios de *commodities*.

Capítulo V. Calibración

Debido a que muchos de los parámetros que aparecen en el presente modelo son estándares en la literatura, se tomaron los valores que usualmente se les asigna. Sin embargo, para los procesos estocásticos que tomaron las variables exógenas, se calibraron los parámetros de persistencia extrayendo los componentes cíclicos de cada una de las series y realizando una regresión AR (1) sobre las mismas.

Asimismo, en el caso de la ley de movimiento de la productividad, se observó que los valores asignados a los parámetros γ y λ no tienen impacto significativo sobre los momentos que predice el modelo calibrado para la economía (independientemente de su valor, la correlación entre las variables de interés es la misma). Debido a ello, se adoptaron los valores otorgados por Desmet *et al.* (2008) para los parámetros en mención. En el caso de ρ_a , este fue obtenido a partir de la siguiente minimización:

$$\text{Min}_{\rho_a} \sum_{j=1}^N (A_{j+1} - \rho_a A_j - \gamma(2 - \exp(-\lambda(K_{cj} - K_{cj-1}))))^2$$

1. Datos

A efectos de realizar la calibración de los parámetros en el modelo, se trabajaron con datos del World Penn Table para la productividad y con datos del Banco Mundial para las series de inversión directa. El periodo utilizado para la calibración fue el de 1970-2014. En particular, se asumió lo siguiente:

$$I.E.D_t = K_{ct} - K_{ct-1}$$

Donde $I.E.D_t$ es la inversión extranjera directa en el periodo t . En el caso de los procesos autorregresivos asociados al choque de productividad en el sector de bienes finales y del choque de precios de bienes finales, se extrajo el componente cíclico de las series asociadas a estas variables y se estimó un proceso autorregresivo de primer orden. Los datos utilizados para la calibración de estas series comprendieron el periodo 1970-2014. Asimismo, para el caso de los precios de minerales, se utilizó un índice de cotizaciones de precios de metales del FMI. En el caso de las series para el choque de productividad, los datos provinieron también del World Penn

Table. La siguiente tabla muestra las variables utilizadas dentro del proceso de calibración, así como las fuentes de las cuales se extrajeron los datos para las mismas.

Tabla 1. Variables utilizadas para la calibración del modelo

Símbolo	Variable	Referencia
$I.E.D_t$	Inversión extranjera directa	Estadísticas del Banco Mundial (1970-2014)
A_t	Productividad total de los factores	World Penn Table (1970-2014)
pc_t	Precios de <i>commodities</i>	Fondo Monetario Internacional (1970-2014)

Fuente: Elaboración propia 2017

2. Valores asignados a los parámetros

Los parámetros asociados a las familias son estándares en la literatura de ciclos económicos y crecimiento económico en economías emergentes. Debido a esto, dichos parámetros tomaron los valores que la literatura les suele asignar. La situación es parecida en el caso de los parámetros que figuran en el sector de bienes finales, pues la función de producción y los problemas de optimización a resolverse son estándares en la literatura.

No obstante, la modelación del sector *commodities* es diferente, pues si bien está basada en Desmet *et al.* (2008), la ley de movimiento de la productividad varía ligeramente respecto a lo que los autores plantean al incorporarse un parámetro de persistencia dentro de la productividad (ρ_a). Por otro lado, tras realizarse simulaciones para distintos valores de γ y λ , se observó que los valores que toman estos parámetros no tienen impacto significativo sobre los momentos de las variables de interés del presente modelo. Debido a lo anterior, tanto γ como λ , recibieron los valores presentados en Desmet *et al.* (2008). En el caso de ρ_a , este fue obtenido a partir de la siguiente minimización:

$$\text{Min}_{\rho_a} \sum_{j=1}^N (A_{j+1} - \rho_a A_j - \gamma(2 - \exp(-\lambda(K_{cj} - K_{cj-1}))))^2$$

De este modo, se obtuvo que ρ_a tiene un valor de 0,9754. A continuación, en la tabla 2, se detallan los valores asociados a todos los parámetros y la fuente de los mismos.

Tabla 2. Parámetros calibrados

Parámetro	Valor	Fuente
$\beta = 1/r^*$	0,98	Aguiar y Gopinath (2007)
θ	0,36	Aguiar y Gopinath (2007)
η	2	Aguiar y Gopinath (2007)
δ	0,05	Aguiar y Gopinath (2007)
α	0,92	Céspedes <i>et al.</i> (2013)
ϕ	0,036	Kohn <i>et al.</i> (2015)
ω	0,001	Aguiar y Gopinath (2007)
γ	3	Desmet <i>et al.</i> (2008)
λ	0,035	Desmet <i>et al.</i> (2008)
ρ_a	0,9581	Calibración propia
τ	0,3	Calibración propia
ρ	0,553	Calibración propia
σ_z	0,082	Calibración propia
ψ	0,121	Calibración propia
σ_{pc}	17	Calibración propia

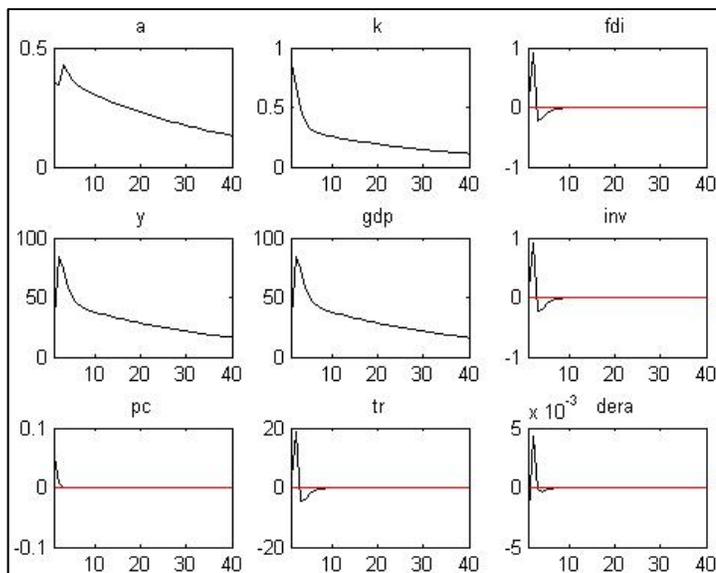
Fuente: Elaboración propia 2017

Capítulo VI. Análisis de resultados

1. Efectos de un choque de precios de *commodities*

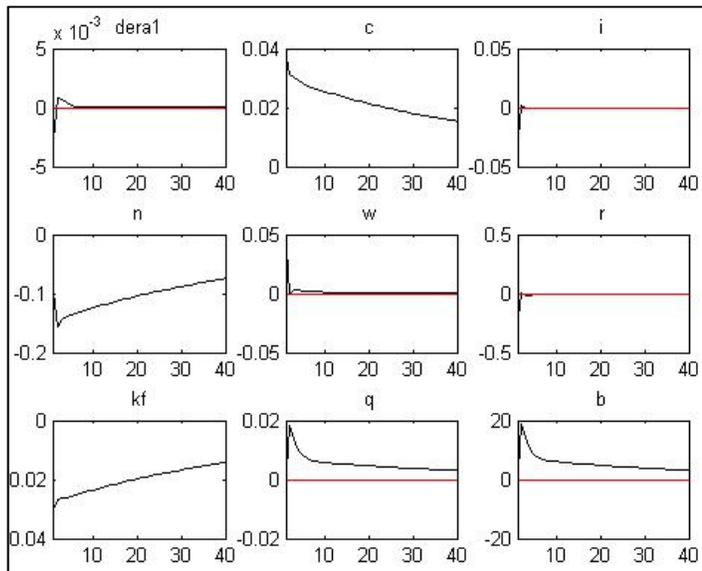
El primer experimento que se realiza en el presente trabajo de investigación se da a partir de un choque de precios de *commodities*. Es necesario señalar que es este choque el que contribuye a responder la pregunta de investigación del presente trabajo, en la medida que la dinámica que se genera a partir del mencionado choque genera los vínculos entre los precios de *commodities* y la PTF. En particular, ante un choque de precios de *commodities*, la empresa de este sector se ve motivada a demandar mayor capital y, por lo tanto, se incrementa la inversión extranjera directa. Esta inversión extranjera directa genera aprendizaje tecnológico y, por lo tanto, impacta positivamente sobre la productividad de la economía en el futuro a través de un efecto *spillover*. Por otro lado, como la empresa ve incrementadas sus ganancias durante el alza en los precios, el gobierno es capaz de obtener una mayor recaudación, la cual beneficia directamente a las familias. De este modo, el incremento en los precios no solo tiene impactos sobre la productividad, sino que también dinamiza el resto de la economía a través de las transferencias que realiza el gobierno a las familias. Las siguientes gráficas de impulso-respuesta ilustran las reacciones de las variables al choque en mención y su dinámica de convergencia al estado estacionario:

Gráfico 9. Respuesta a choque positivo de precios de *commodities* (I)



Fuente: Elaboración propia 2017

Gráfico 10. Respuesta a choque positivo de precios de *commodities* (II)



Fuente: Elaboración propia 2017

La correlación generada por el modelo entre precios de *commodities* y productividad es de 0,24, mientras que los datos muestran que dicha correlación es de 0,21, por lo cual el modelo explicaría cuantitativamente el fenómeno estudiado⁵.

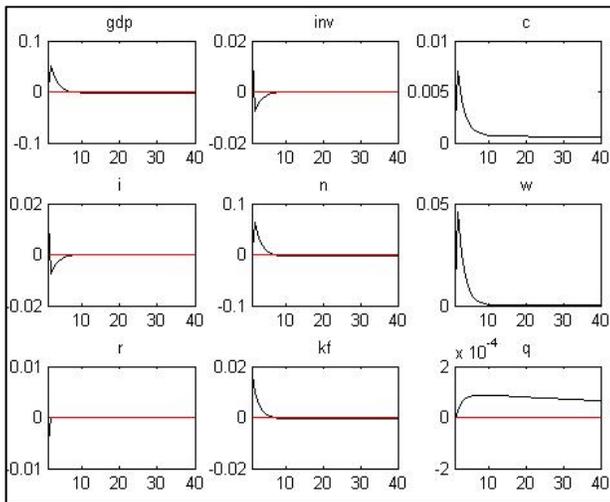
2. Efectos de un choque de productividad en el sector de bienes finales

A partir de un choque de productividad sobre el sector de bienes finales, se obtuvo los resultados típicos de un modelo de ciclos económicos reales con un choque de productividad. Así, ante un choque de productividad se incrementaron los pagos a los factores debido al incremento de su demanda. Esto generó un efecto ingreso positivo sobre las familias incrementándose el consumo, el trabajo y el nivel de inversión. Asimismo, la producción y los niveles de deuda aumentan, así como los precios de los bonos.

Cabe resaltar que el sector *commodities* es totalmente ajeno a este choque y, por lo tanto, no responde al mismo. El siguiente gráfico ilustra la respuesta de las variables afectadas por el choque de productividad al sector de bienes finales.

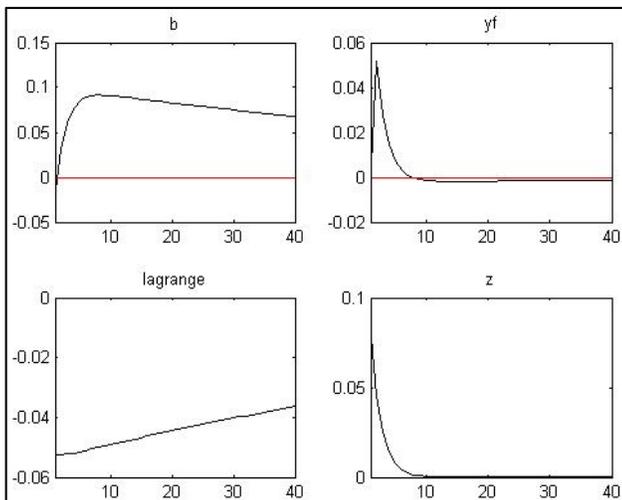
⁵ Las siglas de las variables que aparecen en los gráficos de impulso-respuesta se detallan en el anexo 2.

Gráfico 11. Respuesta a choque positivo de productividad en sector de bienes finales (I)



Fuente: Elaboración propia 2017

Gráfico 12. Respuesta a choque positivo de productividad en sector de bienes finales (II)



Fuente: Elaboración propia 2017

Los resultados del presente trabajo de investigación ilustran los efectos que tiene un choque de precios de *commodities* sobre la economía en su conjunto. Asimismo, se muestra que estos choques son capaces de explicar la correlación que se observa entre la PTF con dichos precios y con los términos de intercambio.

Capítulo VII. Extensiones para trabajos futuros

El presente documento permite comprender los efectos de un incremento en el precio de minerales sobre la economía peruana en su conjunto y, en particular, sobre la productividad total de los factores. No obstante, existen algunas extensiones que ayudarán a responder preguntas en un futuro. En particular, pueden destacarse las siguientes posibles extensiones:

Una primera mejora sustancial del modelo podría ser a través de la generación de un mecanismo endógeno que genere la ley de movimiento de la productividad presentada en el presente documento. Esta idea permitiría conectar de forma más transparente la inversión extranjera directa y su impacto sobre la productividad, de manera que haya una mejor conexión entre todas las variables del modelo.

Una segunda extensión importante es la inclusión de bienes importables dentro del modelo, de manera que se pueda obtener una expresión explícita de los términos de intercambio para evaluar su relación con los términos de intercambio. Esto se debe a que en el presente documento se empleó los precios de los *commodities* como proxy de los términos de intercambio al tener ausencia de bienes importables dentro del modelo.

De otro lado, el modelo podría resultar más realista si el sector *commodities* fuese modelado como un mercado en competencia monopolística o como un oligopolio, para capturar mejor la estructura de mercado que presenta este sector en la realidad. No obstante, la intuición y el mecanismo de transmisión del choque en los precios de *commodities* sería el mismo.

Finalmente, el presente modelo podría ser empleado para evaluar, por ejemplo, los efectos que podría tener la incorporación de impuestos a las “sobreganancias”, es decir, de impuestos que graven al crecimiento acelerado de las ganancias de las empresas en el sector *commodities*. Esto para conectar al modelo con decisiones de política económica y debido a que en muchos países primario-exportadores se ha debatido la incorporación de dicho tipo de impuesto.

Conclusiones

El modelo presentado en el presente trabajo de investigación documenta la relación entre los términos de intercambio y la productividad total de los factores en la economía peruana. En particular, se analiza la relación entre los precios de *commodities* y la PTF, encontrándose que en los datos dicha correlación es de 0,21 para el periodo 1970-2014. Para responder la pregunta de investigación se desarrolla un modelo DSGE de dos sectores (bienes finales y *commodities*) con un choque de productividad en el sector de bienes finales y un choque en los precios de los *commodities*. Así, el modelo desarrollado establece una correlación de 0,24 para las variables de interés, por lo cual se explica el fenómeno observado. El modelo puede mejorar si se crea un mecanismo endógeno que relacione a la inversión extranjera directa y a la productividad. Asimismo, la inclusión de bienes importables para la generación directa de la variable términos de intercambio dentro del modelo podría permitir replicar el fenómeno observado de forma más realista. Por último, la inclusión de impuestos dinámicos podría permitir realizar experimentos de política económica para conectar al modelo con este tipo de decisiones.

Bibliografía

Aguiar, M. y Gopinath, G. (2007). “Emerging Market Business Cycles: The cycle is the trend”. *Journal of Political Economy* 115(1), 2007.

Amann, E. y Virmani, S. (2014). “Foreign direct investment and reverse technology spillovers: The effect on total factor productivity”. *OECD Journal: Economic Studies* 2014, p. 129-153.

Arnold, J. y Javorcik, B. (2005). “Gifted kids or pushy parents? Foreign acquisitions and plant performance in Indonesia”. *CEPR Discussion Paper Nro. 5065*.

Arrow, K. (1962). “The economic implications of learning by doing.” *Review of Economic Studies*, 29, p. 155-73.

Ben-Porath, Y. (1967). “The production of human capital and the life cycle of earnings”. *Journal of Political Economy*, 75(4), p. 352-365.

Bhattacharya, Patnaik y Pundit (2013). “Emerging Economy Business Cycles: Financial Integration and Terms of Trade Shocks”. *FMI Working Paper 13/119*.

Blanchard, O. y Quah, D. (1989). “The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances”. *The American Economic Review*, 79, p. 655-673.

Castillo, P. y Rojas, Y. (2014) “Terms of Trade and Total Factor Productivity: Empirical Evidence from Latin American emerging markets”. *BCRP Working Paper, DT. 2014-012*.

Céspedes, Aquije, Sánchez y Vera Tudela (2013). “Productividad sectorial en el Perú: un análisis a nivel de firmas”. *BCRP Working Paper, DT. 2013-13*.

Desmet, Meza y Rojas (2008). “Foreign Direct Investment and Spillovers: gradualism may be better”. *Canadian Journal of Economics* 0008-4085/08/926-953.

Díaz, J., Arias, O. y Vera Tudela, D. (2013). “Los retornos de las habilidades cognitivas y socioemocionales en el Perú”. En Nikita Céspedes, Pablo Lavado y Nelson Ramírez Rondán

(Eds). *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias* (p. 195-219). Lima: Universidad del Pacífico.

Fornero, Kirchner y Yany (2014). “Terms of trade shocks and investment in commodity-exporting economies”. *Central Bank of Chile Working Paper 13-2015*.

Gopinath, G. y Neiman, B. (2012). “Trade Adjustment and Productivity in Large Crisis”. Mimeo, Harvard University.

Harchaoui, T.M. y Laserre, P. (1995). “Testing the impact of taxation on capacity choice: A ‘putty clay’ approach”. *Journal of Public Economics*, 56(3), p. 377-411.

Haskel, J., Pereira, S. y Slaughter, M. (2002). “Inward foreign direct investment boost the productivity of domestic firms”. *NBER Working Paper*, núm. 8274.

Hsieth, C. y Klenow, P. (2014). “The life cycle of plants in India and Mexico”. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(3), p. 1035-1084.

Jones, C. (2011). “Intermediate goods and weak links in the theory of economic development”. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 3(2), p. 1-28.

Kaldor, N. (1957). “A model of economic growth”. *Economic Journal*, 68, p. 591-624.

Kehoe, T. y Ruhl, K. (2008). “Are shocks to terms of trade shocks to productivity?”. *Federal Reserve Bank of Minneapolis, Staff Report 391*.

Keller, W. y Yeaple, S. (2003). “Multinational enterprises, international trade, and productivity growth: firm-level evidence from the United States”. *NBER Working Paper*, núm. 9504.

Kohn, Leibovici y Tretvoll (2015). “Trade in Commodities and Emerging Market Business Cycles”. *Torcuato Di-Tella Working Paper*. Disponible en: <<https://ssrn.com/abstract=2654792> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2654792>>.

Llosa, L. (2012). “How do terms of trade affect productivity? The role of monopolistic output markets”. *Peruvian Economic Association Working Paper*, núm. 7.

- Mantsfield, E. y Anthony Romeo (1980) "Technology transfers to overseas subsidiaries by U.S. based firms". *Quarterly Journal of Economics*, 95, p. 737-50.
- Mincer, J. (1958) "Schooling, experience and earnings". Nueva York: Columbia University Press.
- Molakhovskaya, O. y Minabutdinov, A. (2013) "Are commodity price shocks important? A Bayesian estimation of a DSGE model for Russia". *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, Inderscience Enterprises Ltd, vol. 4(1/2), p. 148-180.
- Neumeyer, P. y Perri, F. (2004). "Business Cycles in Emerging Economies: The role of interest rates". *Federal Reserve Bank of Minneapolis, Staff Report*, 335.
- Nolazco, L., Lengua-Lafosse, P. y Céspedes, N. (2016) "Contribución de los choques externos en el crecimiento económico del Perú: un modelo semi-estructural". *BCRP Working Paper*, DT. 2016-06.
- Pindyck, R. S. (1993). "Investments of uncertain cost". *Journal of Financial Economics*, 34(1), p. 53-76.
- Raddatz, C.E. (2007). "Are external shocks responsible for the instability of output in low-income countries?". *World Bank Policy Research. Working Paper* (3680).
- Romer, P. (1986). "Increasing returns and long-run growth". *Journal of Political Economy*, 94, 1002-37.
- Sachs, J.D. y Warner, A.M. (1995). "Natural resource abundance and economic growth". *National Bureau of Economic Research*, núm. W5398.
- Schmitt-Grohe, S. y Uribe, M. (2003). "Closing small open economy models". *Journal of International Economics*, 61(1), p. 163-185.
- Smarzynska, B. (2004) "Does foreign direct investment Increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages". *American Economic Review*, 94(3), p. 605-627.

Solow, R. (1956) “A contribution to the theory of economic growth”. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), p. 65-94.

Torres, N.; Alfonso, Ó. y Soares, I. (2013). *A survey of literature on the resource curse: critical analysis of the main explanations, empirical tests and resource proxies*, núm. 1302. Porto: Universidad do Porto, Faculdade de Economia do Porto.

Paz, P. y Urrutia, C. (2015) “Economic growth and wage stagnation in Peru: 1998-2012”. *Review of Development Economics*, 19(2), p. 328-345.

Young, A. (1992) “A tale of two cities: factor accumulation and technical change in Hong Kong and Singapore”. *NBER Macroeconomics Annual*, ed. O. Blanchard y S. Fischer. Cambridge, MA: MIT Press.

Anexos

Anexo 1. Condiciones de equilibrio del modelo

En esta sección se muestra, de forma detallada, las condiciones de equilibrio del modelo, obtenidas a partir de las condiciones de primer orden de las familias y de las firmas en ambos sectores. Adicionalmente, el modelo tiene como componentes a las leyes de movimiento del capital, de la productividad en el sector *commodities*, de los choques en el modelo y las condiciones de agregación/factibilidad.

Familias

De las condiciones de primer orden del problema de las familias respecto al consumo y al trabajo se obtiene:

$$\begin{aligned}\theta C_t^{\theta(1-\eta)-1} (1 - N_t)^{(1-\theta)(1-\eta)} &= \vartheta_t \\ \frac{1 - \theta}{\theta} \frac{C_t}{1 - N_t} &= W_t\end{aligned}$$

Donde ϑ_t es el multiplicador de Lagrange de la restricción presupuestaria de las familias.

Asimismo, las condiciones de primer orden respecto a los bonos y el capital nos dan las siguientes expresiones:

$$1 = E_t \left[\beta \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{\alpha(1-\eta)-1} \left(\frac{1 - N_{t+1}}{1 - N_t} \right)^{(1-\alpha)(1-\eta)} r_{t+1} \right] = E_t [m_{t+1} r_{t+1}]$$

Donde el factor de descuento estocástico m_{t+1} es:

$$m_{t+1} = \beta \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{\alpha(1-\eta)-1} \left(\frac{1 - N_{t+1}}{1 - N_t} \right)^{(1-\alpha)(1-\eta)}$$

Y r_{t+1} es el retorno del capital invertido en el sector de bienes finales, dado por:

$$r_{t+1} = \left(\phi \left(\frac{K_{t+1}}{K_t} - 1 \right) + 1 \right)^{-1} \left(r_{t+1} + (1 - \delta) + \frac{\phi}{2} \left[\left(\frac{K_{t+2}}{K_{t+1}} \right)^2 - 1 \right] \right)$$

Derivando respecto a los bonos demandados para el periodo $t+1$, se obtiene lo siguiente:

$$q_t = E_t[m_{t+1}]$$

Firmas

Las empresas en el sector de bienes finales maximizan sus ganancias eligiendo la cantidad de trabajo y capital. Así, las condiciones de primer orden de este problema llevan a lo siguiente:

$$W_t = (1 - \theta)Z_t \left(\frac{K_t}{N_t}\right)^{1-\theta}$$

$$r_t = \theta Z_t \left(\frac{N_t}{K_t}\right)^{1-\theta}$$

Por otro lado, la empresa del sector de *commodities* maximiza sus ganancias intertemporales controlando solamente su cantidad de capital. Para obtener la demanda de capital primero reexpresamos la ley de movimiento de la productividad en este sector de la siguiente manera:

$$A_{t+1} - \rho_a A_t = \gamma(2 - \exp(-\lambda(K_{ct} - K_{ct-1})))$$

Se adelanta un periodo a dicha ley:

$$A_{t+2} - \rho_a A_{t+1} = \gamma(2 - \exp(-\lambda(K_{ct+1} - K_{ct})))$$

Y combinando ambas expresiones se obtiene:

$$\frac{A_{t+2}}{\rho_a^2} - \gamma \frac{2 - \exp(-\lambda(K_{ct+1} - K_{ct}))}{\rho_a^2} - \gamma \frac{2 - \exp(-\lambda(K_{ct} - K_{ct-1}))}{\rho_a} = A_t$$

De aquí, nótese que A_t cumple con lo siguiente:

$$\frac{\partial A_t}{\partial K_{ct}} = \text{dera}_t = \gamma \lambda \left(\frac{e^{-\lambda(k_{ct+1} - k_{ct})}}{\rho_a^2} - \frac{e^{-\lambda(k_{ct} - k_{ct-1})}}{\rho_a} \right)$$

Además, se tiene lo siguiente:

$$\frac{\partial A_{t+1}}{\partial K_{ct}} = \text{dera}1_t = \gamma\lambda \frac{e^{-\lambda(k_{ct+1}-k_{ct})}}{\rho_a}$$

Luego, reemplazando la última expresión obtenida para A_t en la función objetivo de la firma del sector *commodities*, se obtiene:

$$\text{Max } E_0 \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} \{ (1-\tau) [(p_{ct}\alpha A_t K_{ct}^{\alpha-1} - r^*)(K_{ct} - K_{c0})] \}$$

Luego derivando respecto a K_{ct} , se obtiene:

$$\begin{aligned} & \beta^{t-1}(1-\tau)(\alpha(\alpha-1)p_{ct}A_t K_{ct}^{\alpha-2})(K_{ct} - K_{c0}) \\ & + \beta^{t-1}(1-\tau)(p_{ct}\alpha(\text{dera}_t)K_{ct}^{\alpha-1})(K_{ct} - K_{c0}) \\ & + \beta^t(1-\tau)(p_{ct+1}\alpha(\text{dera}1_t)K_{ct+1}^{\alpha-1})(K_{ct+1} - K_{c0}) \\ & + \beta^{t-1}(1-\tau)(p_{ct}\alpha A_t K_{ct}^{\alpha-1} - r^*) = 0 \end{aligned}$$

Resolviendo esta expresión, se obtiene la demanda de capital en el sector *commodities*, dada por lo siguiente:

$$\begin{aligned} & \alpha(\alpha-1)p_{ct}A_t K_{ct}^{\alpha-2}(K_{ct} - K_{c0}) \\ & + p_{ct}\alpha\gamma\lambda \left(\frac{e^{-\lambda(k_{ct+1}-k_{ct})}}{\rho_a^2} - \frac{e^{-\lambda(k_{ct}-k_{ct-1})}}{\rho_a} \right) K_{ct}^{\alpha-1}(K_{ct} - K_{c0}) \\ & + \beta \left(p_{ct+1}\alpha\gamma\lambda \frac{e^{-\lambda(K_{ct+1}-K_{ct})}}{\rho_a} K_{ct+1}^{\alpha-1} \right) (K_{ct+1} - K_0) + p_{ct}\alpha A_t K_{ct}^{\alpha-1} = r^* \end{aligned}$$

Finalmente, la caracterización completa del equilibrio en este modelo se obtiene combinando todas las ecuaciones anteriores con las leyes de movimiento del capital, las ecuaciones de los choques y las condiciones de vaciado de mercado.

Anexo 2. Abreviaturas de las variables en las funciones de impulso-respuesta

En esta sección se detalla las abreviaturas de las variables que aparecen en las funciones de impulso-respuesta de la sección de análisis de resultados.

Símbolo	Variable	Cálculo de la variable
a	PTF sector <i>commodities</i>	A_t
k	Capital del sector <i>commodities</i>	K_{ct}
fdi	Inversión extranjera directa	$I.E.D_t = K_{ct} - K_{ct-1}$
y	Producción en sector <i>commodities</i>	Y_{ct}
gdp	PBI agregado	$gdp_t = Y_{ct} + Y_t$
inv	Inversión bruta agregada	$inv_t = I_t + I.E.D_t$
pc	Precios de <i>commodities</i>	p_{ct}
tr	Transferencias del gobierno	tr_t
dera	Derivada de la productividad en sector <i>commodities</i> en el periodo t, respecto al capital en dicho sector	$dera_t = \frac{\partial A_t}{\partial K_{ct}}$
dera1	Derivada de la productividad en sector <i>commodities</i> en el periodo t+1, respecto al capital en dicho sector	$dera1_t = \frac{\partial A_{t+1}}{\partial K_{ct}}$
c	Consumo	C_t
i	Inversión en sector de bienes finales	I_t
n	Trabajo ofrecido por las familias	N_t
w	Salario o pago por unidad de trabajo	W_t
r	Tasa de interés real	r_t
kf	Capital de las familias	K_t
q	Precio del bono en unidades de bien final	q_t
b	Cantidad de unidades de bonos demandada	B_t
yf	Producción en el sector de bienes finales	Y_t
lagrange	Multiplicador de Lagrange del problema del consumidor	ϑ_t
z	PTF sector de bienes finales	Z_t